臺中地區林下段木香菇害菌調查

農試所植病組 余祥萱 呂昀陞

一、段木香菇簡介

菇類具有高營養價值，富含蛋白質、維生素、膳食纖維與多種礦物質，長期受到我國消費者之喜愛。近年來，隨著健康飲食風潮盛行，菇類在餐桌與保健市場的角色日益重要。菇類栽培模式中段木栽培為最早人工栽培之方式，早在宋朝時就有人工栽培之紀錄，而以段木進行接種，相較於後來建立之太空包或堆肥栽培方式，具有更接近自然生態的生長條件，且能與森林環境共存，為最接近自然狀態的栽培模式，尤其適合香菇與木耳等品項。其中段木香菇由於香氣濃郁、口感佳，深受消費者青睞，且可與森林環境結合，可發展成具生態與休閒價值的林下經濟。

農業部為增加林農之短期收入，於2016年起推動林下經濟政策，因此於宜蘭、新竹、臺中、南投、埔里等地之原鄉部落及客家族群重新以段木栽種香菇，使栽種面積逐年上升。目前臺灣段木香菇的年產量約 264 公噸，占香菇市場的 0.6%，全臺約有 160 戶農戶從事段木香菇栽培 (余與呂，2022)。由於段木香菇多種植於林蔭之下，易因通風不良或濕度過高引發病蟲害問題，進而導致其產量與品質下降，因此隨著產業之發展，有害生物對段木香菇所造成之影響也開始受到重視。若能協助段木香菇產業釐清栽培過程中可能遭遇的有害生物種類及其造成的影響，對於制定有效防治策略與確保產業永續發展至關重要。過往國內對段木香菇栽培過程中有害生物危害缺乏系統性調查，為強化段木香菇栽培過程中病害管理與防治策略，本文針對臺中地區林下栽培環境中的段木香菇害菌，進行實地調查與分析，期能提供產業更具科學依據的防治參考。

二、有害生物對菇類生產之影響

在菇類栽培過程中，有害生物包含真菌、細菌與昆蟲等的侵襲，常是導致產量損失的主要原因之一。有害生物不僅會造成菌絲或子實體之直接受損，還可能透過其他隱性方式影響菇類之生長。以「病害三角環」之概念來看，病害的發生需同時具備三個要素：病

作　　者：余祥萱助理研究員
連絡電話：04-23317516

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0002

原 (pest)、寄主 (host) 與適合發生的環境 (environment)。當菇類作為寄主，遇上適合病原滋生的高溫、高濕環境時，即可能大幅提高病害發生的風險。然而菇類生長時卻需要濕潤與豐富的有機質，往往也滿足有害生物繁殖之最理想條件。有害生物危害菇類之機制可分為三大類，首先是直接傷害或取食菇類菌絲與子實體，例如部分有害生物會生長或附著於菇類菌絲上，導致菇體腐爛、變色，進而失去商品價值。第二類為抑制菌絲生長，有害生物藉由釋放其代謝產物(如酵素或毒質)，直接破壞菇類細胞壁或干擾菇類菌絲細胞壁合成或酵素活性，使其無法正常生長與吸收養分。第三類情況則為競爭空間與營養源，如快速生長的雜菌會在栽培介質表面迅速蔓延，與菇類菌絲爭奪空間與養分，使菇類菌絲處於劣勢，導致活性下降甚至死亡。

以香菇為例，常見的有害生物種類相當多樣。其中，以綠黴菌屬 (*Trichoderma* spp.) 最為常見。綠黴菌在高溫潮濕條件下極易快速繁殖，其病兆顏色呈現淡橄欖綠帶白邊，或灰綠色，該菌能夠迅速覆蓋太空包口或段木表層，導致香菇菌絲缺乏生長空間與養分，並會產生代謝物殺死香菇菌絲。常見的種類如 *Trichoderma harzianum*、*Trichoderma koningii* 與 *Trichoderma viride* 等，為香菇栽培中的高風險之污染源。另一類常見的病原為紅麵包菌 (*Neurospora* spp.) ，主要出現於夏季或培養基營養較高的情況下。其菌絲型態較香菇菌絲細弱，但可產生大量分生孢子，生長迅速，其分生孢子形成之病兆，於初期呈鮮紅至橘紅，後期老化後呈現黃色至白色，且分生孢子可透過風或水擴散至他處，汙染鄰近太空包或段木，但由於其不會傷害香菇菌絲，因此屬於競爭型之雜菌。此外，如白黴菌 (*Cladobotryum varium*) 則多發生於出菇階段，該菌會以棉絮狀之菌絲覆蓋香菇子實體，使其表面發霉並使菇體軟化，嚴重時甚至腐爛，影響商品價值。此外，香菇栽培時亦可能受青黴菌與黃麴菌等競爭型雜菌之汙染，分別係由*Penicillium* spp.與*Aspergillus* spp.所造成，主要源自環境中孢子污染，尤其於濕度控制不當或空氣循環不良的空間中更容易發生。此外，細菌性害菌如由 *Pseudomonas fluorescens* 與 *Pseudomonas tolaasii* 引起的褐斑症，也會導致菇體變黑腐爛，降低商品價值 (Liao, 1985；Miyazaki, 2018；Gea *et al*. 2021)。由上述所知，香菇栽培過程之病原種類繁多，且影響機制各異，唯有清楚掌握其特性與危害方式，方能為後續管理與防治設下良好基礎。

三、臺中地區段木香菇害菌調查

臺中地區之山區因具備氣候適宜與林地資源豐富等條件，因此早年為段木香菇的重要產區之一。近年來，於臺中地區之段木香菇栽培中，害菌問題日益

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0002

嚴重，對生產造成不小衝擊。為了解段木香菇之害菌於臺中山區之發生情形，本所配合農業部林業及自然保育署東勢林管處之林下經濟輔導計畫，於2023年進行段木香菇害菌之調查，訪視分布於大雪山地區與大安溪山區一帶共11個栽培場域。於業者立木栽培後之害菌種類，經外觀初步判定，主要以髮網菌 (*Stemonitis* sp.) 最為常見 (72.7%) (圖一)，其特徵為在段木上形成黑褐色細絲狀髮狀體，好發於潮濕悶熱的林下環境。次之為銀耳 (*Tremella* sp.) 與雲芝 (*Trametes* sp.) (18.2%)，此兩種菌容易與香菇競爭空間與養分，影響子實體形成。此外炭角菌 (*Xylaria* spp.) 與部分盤菌亦偶有發現，占比約為9.1%，常發生於已腐朽之段木上。過往文獻指出，如裂褶菌、炭團菌、多孔菌與陀螺菌等其他木材腐朽菌，也會在高溫或高濕環境下出現，影響香菇的發育與產量，而本次調查亦發現其中部分物種的存在 (Arima *et al*. 2010；Miyazaki, 2018；Okuda *et al*. 2016)。

四、段木香菇分離雲芝與炭角菌之影響評估

本所進一步自香菇產量明顯下降之段木進行害菌採樣，並使用馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (potato dextrose agar, PDA)進行菌株分離與初步純化，再藉由增幅與定序所分離害菌之內源轉錄間隔區間 (internally transcribed spacer) 配合NCBI資料庫進行比對，確認其中包含雲芝 (*Trametes versicolor*) 與炭角菌 (*Xylaria* sp.) 等木材腐朽菌種，顯示段木上共棲的其他真菌可能與香菇產量

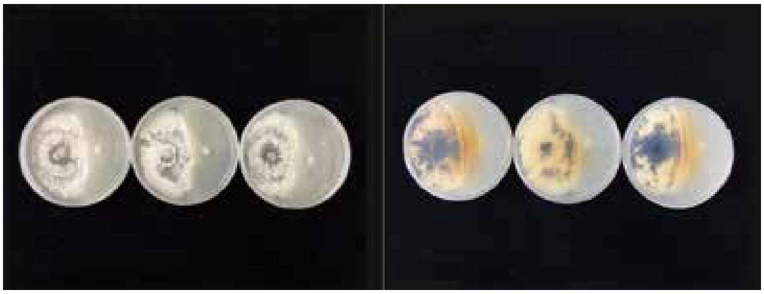
圖一、臺中地區段木香菇害菌常見種類。

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0002

衰減有所關聯。為釐清此兩真菌與香菇的交互關係，又於培養基上進行對峙試驗，觀察香菇與雲芝、炭角菌於同一培養皿上生長時的交互作用情形 (圖二、三)。結果顯示，當雲芝與香菇接觸時，香菇菌絲生長受抑制，並在接觸區域產生明顯的區隔條帶。進一步測量香菇與雲芝菌絲之生長速度，證實雲芝菌絲之生長能力較高。此外，炭角菌則可包覆香菇菌絲持續生長，且於交界處出現菌絲形態異常，甚至產生色素沉積與菌絲退化等現象。

雲芝與食用菇類如香菇的交互影響已在多項前人研究中被報導。日本學者以免賴得選擇性培養基 (benomyl-amended medium) 從段木中成功分離出多種木材腐朽菌，其中以*Trametes* sp.與*Xylodon* sp.為和香菇產量最相關的真菌物種，並指出此些菌株在與香菇同時存在的情境下，可能會競爭段木內的資源，降低香菇的產量與品質 (Kobayashi *et al*. 2020)。本所亦進一步比較先前自阿里山地區所分離之炭角菌株，結果發現阿里山地區菌株於PDA培養基上表現出更快的菌絲擴展速度，並可在14天內全面包覆香菇菌絲。此一現象顯示，不同地理來源或不同菌種的炭角菌，其生長速率與抑菌能力可能存在顯著差異，且可能因其競爭力強弱對香菇菌絲形成程度不一的生長抑制。此外，Du與Cao等人 (2007) 則指出炭角菌可能透過「初級與次級資源獲取策略」建立其木材資源利用上的優勢。其具備的機制包括高活性的木材分解酵素，如纖維素酶 (cellulase)、葡聚醣酶 (glucanase)等，能快速分解植物細胞壁結構，並藉由芬頓反應 (Fenton reaction) 產生高反應性的自由基，加速木質素降解。相關機制使炭角菌能迅速搶佔段木中可用資源，進一步壓縮香菇菌絲的生長空間與營養來源，形成明顯的資源競爭現象 (Du and Cao. 2007；Sista et al. 2020)。

圖二、雲芝與香菇對峙培養，(左)正面，(右)反面。



圖三、炭角菌與香菇對峙培養，(左)正面，(右)反面。

五、結論

在影響段木香菇產量之多重因子中，段木上共棲的木材腐朽菌已被證實為潛在的重要生物因子。根據其生活史

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0002

推估，這些有害真菌常藉由風雨或空氣中之孢子進入段木，在潮濕的環境中迅速繁殖。特別是在段木堆放走菌或接種前的階段，若管理不當，即可能成為入侵的關鍵時機，導致其優先占據木材空間，使香菇菌絲難以定殖於段木，進一步影響原基形成，最終造成產量與品質下滑。未來工作重點除須進一步驗證害菌對香菇之病原性外，也擬聚焦於害菌的生物特性、傳播途徑及其發生生態之研究，藉以擬定有效的段木香菇有害生物綜合防治策略。目前段木香菇對於害菌的防治策略尚需完備，因此本調查所獲得的試驗成果，將有助於提供明確的病害防治依據與具體管理方向，進一步強化林下經濟作物的生產效益，促進產業穩定發展與升級。

六、參考文獻

余祥萱、呂昀陞。2022。台灣香菇段木上炭角菌之鑑定與藥劑感受性試驗。台灣農業研究71(4):331–341。

Arima, S., T. Nanaumi, H. Shinohara, and H. Negishpi. 2010. Bacterial brown rot, a new disease of Shiitake (*Lentinula edodes*) caused by *Ewingella americana*. Jpn. Soc. Mushroom Sci. Biotechnol. 18:139–144.

Du, A. and Z. Cao. 2007. Influence of *Coprinus comatus* on the growth and extracellular enzyme activity of *Xylaria pedunculata*. J. Northwest A&F Univ. (Nat. Sci. Ed.) 35:115–119.

Gea, F. J., M. J. Navarro, M. Santos, F. Diánez, and J. Carrasco. 2021. Control of fungal diseases in mushroom crops while dealing with fungicide resistance: A review. Microorganisms 9:585.

Kobayashi, T., M. Oguro, M. Akiba, H. Taki, H. Kitajima, and H. Ishihara. 2020. Mushroom yield of cultivated shiitake (*Lentinula edodes*) and fungal communities in logs. J. For. Res., 25(4), 269-275.

Liao, Y. M. 1985. Efficacy of fungicides on the control of *Trichoderma* spp. in sawdust cultivation of shiitake. J. Agric. Res. China 34:329–340.

Miyazaki, K. 2018. Through studies on harmful microorganisms to mushroom cultivation-points of countermeasure against harmful microorganisms and influences of global warming on mushroom cultivation. Mushroom Sci. Biotechnol. 26:10–17.

Okuda, Y., E. Nagasawa, T. Tokiwa, K. Hase, and S. Murakami. 2016. Cottony leak on cultivated *Auricularia nigricans caused* by *Hypomyces pseudocorticiicol*. Rep. Tottori Mycol. Inst. 46:23–29.

Sista K., K. Ayyappa, and W. Qin. 2020. Systematic metadata analysis of brown rot fungi gene expression data reveals the genes involved in Fenton’s reaction and wood decay process. Mycology, 11(1), 22-37.

DOI：10.30248/TSQBTARI.202512_(144).0002